mehr zum thema:
www.oose.de
www.oliverlehmann.com/

PROJEKTMANAGEMENT DER KRITISCHEN KETTE: CRITICAL-CHAIN-PROJEKTMANAGEMENT

Critical-Chain-Projektmanagement (CCPM) ist eine Anpassung der klassischen Netzplantechnik an Projektumgebungen, die von knappen Ressourcen und dem nur schwer zu schätzenden Aufwand und der Dauer für Aktivitäten bestimmt sind. Im Mittelpunkt steht die Konzentration auf eine kritische Ressource und die intelligente Einrichtung von Prozesspuffern. In diesem Beitrag stellen wir das Verfahren vor und zeigen eine pragmatische Variante zur Anwendung in agilen Projekten.

Critical-Chain-Projektmanagement (CCPM), häufig auch als *Critical-Chain-Management (CCM)* bezeichnet, setzt Dreipunkt-Schätzungen voraus. Gegenüber der traditionellen Methode des Kritischen Pfads (*Critical Path Method, CPM*), die durch Aufaddierung vieler Einzelreserven häufig zu langsamen und dennoch unrealistischen Plänen führt, sind *Critical-Chain*-Projekte realistischer geplant und dennoch schneller; in [Gol02] wird z. B. von 10% bis 25% berichtet.

CCPM wurde 1997 von Eliyahu M. Goldratt entwickelt (vgl. [Gol02]). Seitdem wurde die Methode erfolgreich in einer Reihe von Unternehmen eingeführt, so unter anderem von Motorola und Siemens. Auch wenn konkrete Zahlen zu Zeitgewinnen mit Vorsicht zu genießen sind, da Projekte generell nur schwer miteinander vergleichbar sind, gilt es doch als allgemein anerkannt, dass die *Critical-Chain*-Methode richtig angewandt zu deutlich schnelleren Projekten führt. Sie basiert auf der *Theory of Constraints (TOC)*, die Goldratt vorher bereits erfolgreich in anderen Bereichen wie Produktion und Logistik eingeführt hat.

Das folgende Beispiel soll zeigen, wie über mehrere Schritte aus einer Terminplanung nach traditioneller Kritische-Pfad-Methode ein *Critical-Chain*-Plan wird:

Vom kritschen Pfad zur kritischen Kette

Die Ausgangssituation

Eine Fallstudie soll die Besonderheiten der *Critical-Chain*-Methode zeigen. Ein kleiner Netzplan aus sechs Aktivitäten ist nach herkömmlicher Kritischer-Pfad-Methode erstellt und mit Einpunkt-Schätzungen, die von den jeweils ausführenden Teammitgliedern durchgeführt wurden, versehen worden (siehe Abb. 1).

Der dunkel markierte kritische Pfad verläuft über die Aktivitätenfolge 4-5-6, die Mindestdauer bis zur Lieferung ist 63 Tage, also die Summe der Einzeldauern dieser Aktivitäten. Die anderen Pfade haben eine kürzere Dauer und sind daher für die Gesamtdauer – scheinbar – nicht maßgeblich.

Jedes der Teammitglieder Hilde, Hugo und Hans hätte nach dieser Rechnung eine Aktivität auf dem kritischen Pfad.

Wie realistisch ist die Annahme aus dem Netzplan von mindestens 63 Tagen? Tatsächlich kann der Netzplan so nicht funktionieren: Hilde müsste dazu mit Aktivität 5 am 22. Tag beginnen, ist aber bis zum Ende des 24. Tags mit Aktivität 3 beschäftigt.

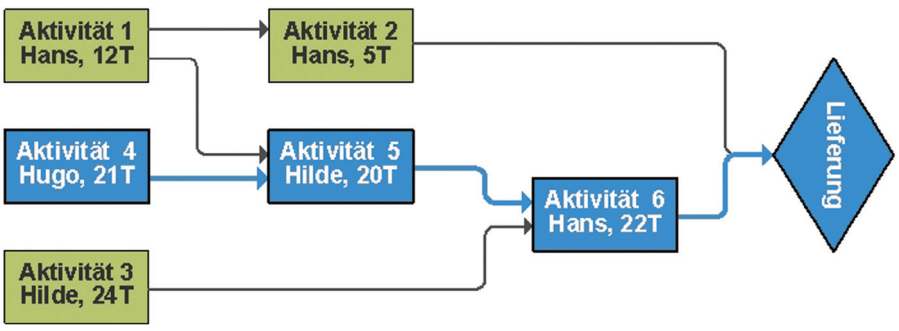

Abb. 1: Netzplan mit kritischem Pfad.

Schritt 1: Dreipunkt-Schätzung

Bei Einpunkt-Schätzungen gibt es eine Neigung von Teammitgliedern, pessimistisch zu schätzen, sich also selbst Puffer zu bilden, die sich dann über die Netzplan-Pfade aufaddieren und Projekte langsam machen. Dreipunkt-Schätzung mit Teammitgliedern sollte dem folgenden Prozess folgen:

- Zuerst erfragt man die pessimistische Schätzung, um den Druck vom Teammitglied zu nehmen, bevor knappe Schätzungen erfragt werden. Die Frage könnte lauten: „Wie hoch ist die Dauer, wenn alles so richtig schlecht läuft?"
- Anschließend fragt man nach der optimistischen Schätzung: „Wie hoch ist die Dauer, wenn alles ganz einfach und schnell gehen sollte?"
- Am Schluss erfragt man den nach Meinung des Schätzers wahrscheinlichsten Wert.

Hans gibt nun im obigen Beispiel für Aktivität 1 folgende Werte an:

die autoren

Oliver F. Lehmann
(E-Mail: ol@oliverlehmann.com) ist international tätiger freiberuflicher Trainer. Er führt für oose PMI/PMP-Zertifizierungsvorbereitungen durch und hat hunderte von Teilnehmern beim Erwerb und Erhalt ihres PMP-Status unterstützt.

Bernd Oestereich
(E-Mail: bernd.oestereich@oose.de) ist geschäftsführender Gesellschafter der oose Innovative Informatik GmbH und Autor zahlreicher international publizierter Bücher zu den Themen Software-Engineering, Geschäftsprozesse, UML und Projektmanagement.

- Pessimistisch: 12 Tage
- Optimistisch: 6 Tage
- Wahrscheinlichst: 7 Tage

Nach der PERT-Formel (*Project Evaluation and Review Technique*) „(O+4W+P)/6" ergibt das näherungsweise einen *50:50*-Wert bezogen auf Über- und Unterschätzungen von 7,67 Tagen – ein Wert den wir auf 8 Tage aufrunden sollten.

Wir notieren dabei noch etwas: Die Unsicherheit hinsichtlich der Dauer wird durch die Differenz *P–O* ebenfalls vom Schätzer kommuniziert. Für Aktivität 1 beträgt sie im Beispiel *12–6=6* Tage. Davon sind 4 Tage eine mögliche Verspätung gegenüber dem PERT-Wert, es könnte aber auch bis zu 2 Tage schneller gehen.

Die Dreipunkt-Schätzung liefert also auch ein Maß für die Sicherheit oder Unsicherheit einer Schätzung, die wir dokumentieren, da wir sie später ebenfalls verwenden werden. Die Information aus der Dreipunkt-Schätzung für Aktivität 1 wird wie folgt notiert:

- PERT-Dauer: 8 Tage
- gesamte Unsicherheit: 6 Tage
- davon möglicher Verzug: 4 Tage
- davon möglicher Zeitgewinn: 2 Tage

Nach der Anwendung der Dreipunkt-Schätzung und dem Einsetzen der PERT-Werte auch für die anderen Aktivitäten kommen wir zu einem Netzplan mit einer auf 43 Tage reduzierten Mindestdauer (siehe Abb. 2). Hier ist zu bemerken, dass dieser immer noch nicht realistisch ist. Das Problem mit der Verfügbarkeit von Hilde ist noch nicht gelöst.

Ein weiteres Problem: Zwar lässt uns die PERT-Formel hoffen, dass sich Über- und Unterschreitungen ausgleichen, aber sicher ist das natürlich nicht.

Schritt 2: Ressourcenabgleich

Zur Vereinfachung wechseln wir bei der Darstellungsform zu einem Schwimmbahnen-Diagramm, in dem jede Zeile für ein Teammitglied steht und Aktivitäten über eine Zeitachse gezeichnet werden (siehe Abb. 3).

In dieser Darstellung ist erkennbar, dass die Mindestdauer bis zum Liefertermin 46 Tage beträgt, zumindest wenn wir wollen, dass die Arbeiten sauber nacheinander ausgeführt werden; Goldratt rät dringend von „schlechtem Multitasking" ab, „gutes Multitasking" braucht eine an den Arbeitsinhalten orientierte Begründung, die hier nicht gegeben ist.

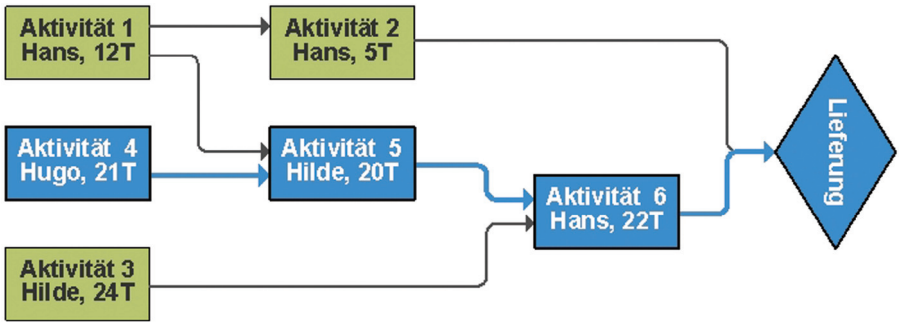

Abb. 2: Netzplan für Mindestdauer.

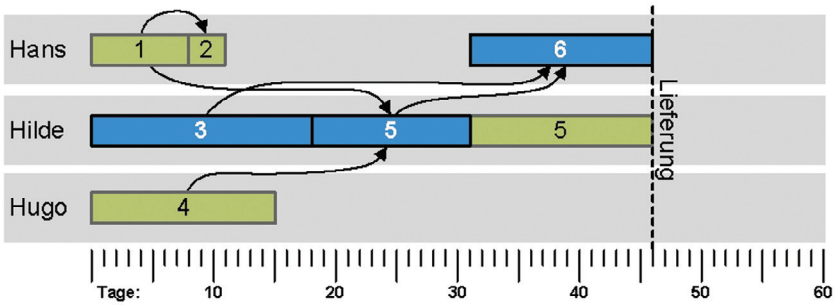

Abb. 3: Schwimmbahnen-Diagramm für eine saubere sequenzielle Aktivitätenfolge.

Zu der Einschränkung durch die Aktivitätslogik, die sich in der Länge des kritischen Pfads niederschlägt, kommt eine weitere Einschränkung durch die Verfügbarkeit von Hilde. Die wirklich kritische Aktivitätenfolge ist daher nicht 4-5-6 sondern 3-5-6. Diese Folge wird als *kritische Kette* bezeichnet. Jede Verzögerung auf der kritischen Kette bewirkt eine Verzögerung der Lieferung.

Eine Ressource, die auf der kritischen Kette arbeitet, wird als *Drum* bezeichnet, also als der Trommler, der die Marschgeschwindigkeit einer Truppe bestimmt.

Schritt 3: Pufferbildung

CPM bevorzugt es, Aktivitäten so früh wie möglich durchzuführen. Im Gegensatz dazu werden bei CCPM die meisten Arbeiten möglichst spät ausgeführt, um Nacharbeiten zu vermeiden, wenn sich später neue Erkenntnisse ergeben sollten. Dazu werden allerdings Puffer eingebaut, im Beispiel als *P1* bis *P4* bezeichnet (siehe Abb. 4).

In Schwimmbahnen-Diagrammen werden der Übersichtlichkeit halber Netzplan-Abhängigkeiten meistens ausgeblendet. Im Beispiel haben wir lediglich die Abhängigkeit zwischen Aktivität 1 und Aktivität 5 beibehalten, um den Puffer *P1* verständlich zu machen.

Mit den Puffern werden im Beispiel unterschiedliche Ziele verfolgt:

- *P1(Feeding Buffer):* schützt Aktivität 5 vor Verzögerungen bei der nicht-kritischen Aktivität 1, deren Ergebnis sie braucht, um beginnen zu können.
- *P2 (Resource Buffer):* schützt Aktivität 2 davor, dass sie nicht fertiggestellt werden kann, wenn die kritische Aktivität 6 beginnen muss, die von der gleichen Ressource ausgeführt wird.
- *P2 (zweite Funktion „Drum Buffer"):* schützt zusätzlich Aktivität 6 davor, dass sie wegen Verzögerungen bei Aktivität 2 und somit verspäteter Verfügbarkeit von Hans erst verspätet beginnen kann.
- *P3 (Project Buffer, Deadline Buffer):* schützt den Liefertermin davor, aufgrund zu aggressiver Terminplanung verfehlt zu werden.
- *P4:* die gleiche Funktion wie P1.

Wie wird die Länge der Puffer bestimmt? Dafür gibt es zwei Einflussgrößen:

- Wie kritisch bzw. wichtig ist der einzuhaltende Termin? (Je wichtiger der Termin ist, umso mehr Puffer sollten gebildet werden.)
- Wie unsicher ist die jeweilige Schätzung? (In Schritt 1 wurde Aktivität 1 mit einer Unsicherheit von sechs Tagen geschätzt, davon bis zu vier Tage Verzug. Im letzten Schritt wurden genau diese vier Tage als Puffer angesetzt. Je

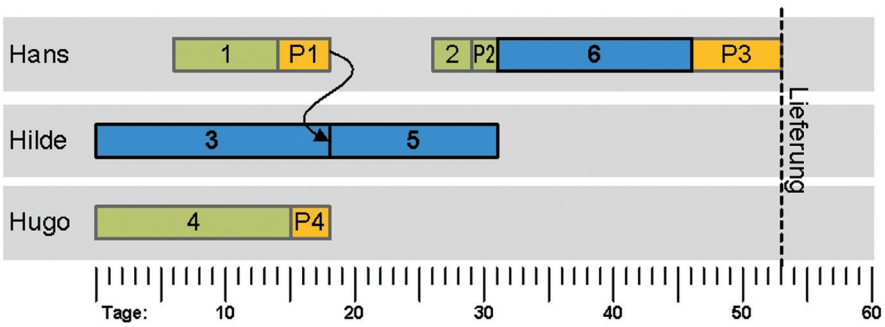

Abb. 4: Schwimmbahnen-Diagramm mit Puffer.

größer die Unsicherheit der Schätzung, desto größer sollte der Puffer sein.)

Übrigens haben die Puffer noch einen angenehmen Effekt: Sollten im Beispiel die Aktivitäten 1 und 4 wie geplant fertiggestellt werden, Aktivität 3 jedoch schneller als geplant sein, erlauben die Puffer, dass Hilde früher mit Aktivität 5 beginnen kann. Es werden also nicht nur Verzögerungen aufgefangen, es werden auch Zeitgewinne genutzt. Zeitgewinne sind beim PERT-Verfahren aufgrund einer 50:50-Annahme (vgl. Mittelwert-Bildung mit der Formel „(O + 4W * + P)/6") sogar recht wahrscheinlich.

Wir haben die Betrachtung mit einem unrealistischen Plan mit 63 Tagen Dauer begonnen, am Ende steht ein Plan mit einer realistischen Dauer von nur noch 53 Tagen.

Planungssicherheit

Da Unsicherheiten der Schätzungen im Plan berücksichtigt sind, ist er auch stabiler. Abweichungen im Rahmen der Erwartungen führen nicht zur Notwendigkeit von Planänderungen – ganz im Gegensatz zu CPM oder einer Planung, die nur auf festen Terminen beruhen würde. Außerdem wird die Gefahr von Nacharbeiten reduziert, die zu häufigen Terminüberschreitungen führen. Dies führt letztlich zu einer Verringerung der Arbeitslast für den Projektmanager.

Critical-Chain-Projektmanager sind weniger auf Endtermine fixiert und üben daher auch weniger Druck auf Teammitglieder aus. Sie stellen eher sicher, dass Arbeiten termingerecht beginnen und ungestört ausgeführt werden können. Während der Arbeiten sind sie eher auf Qualität als auf Zeit fixiert, da sie für Verzüge ja bereits Reserven angelegt haben. Durch diese Effekte kann sich CCPM auch positiv auf Kosten und Qualität und auf die Motivation im Team auswirken.

Der Critical-Chain-Planungsprozess

Eli Goldratt hat den Prozess wie folgt beschrieben:

- *Identify:* Identifiziere den Engpass, der in einem gegebenen Moment den Fortschritt im Projekt bestimmt.
- *Exploit:* Schöpfe den Engpass optimal aus, indem du alle Hindernisse beiseite räumst und seinen Durchsatz optimierst.
- *Subordinate:* Ordne die anderen Ressourcen dem Engpass unter, vor allem durch Reservenbildung.
- *Elevate:* Investiere in den Trommler, um seine Leistung zu erhöhen.
- *Rinse and Repeat:* Wiederhole diesen Prozess immer wieder (aus der Shampoo-Werbung übernommen).

Dazu sagt Eli Goldratt: „Eine Stunde, die man an einem Nicht-Engpass eingespart hat, ist eine Fata-Morgana".

Der Staffelholz-Träger in agilen Projekten

Im Kontext agiler und iterativer Projekte ist CCPM nicht unbedingt eine naheliegende Idee, weil zum Ermitteln der kritischen Kette die genaue Abfolge der einzelnen Arbeiten mit ihren Abhängigkeiten bekannt sein muss. Aus denselben Gründen ist auch die kritische Pfad-Analyse in agilen Projekten unpopulär. Agiles, iteratives Vorgehen hat auf der Detailebene nur einen kurzen Planungshorizont und plant auf der Makroebene sehr grob.

Um die an sich gute Kernidee aber in agilen Projekten einfach und pragmatisch nutzbar zu machen, schlagen wir ein Verfahren vor, dass wir *aktueller Staffelholz-Träger* nennen: Die Person, deren Arbeit sich zum aktuellen Zeitpunkt *wahrscheinlich* auf der kritischen Kette befindet, wird jeweils öffentlich als „aktueller Staffelholz-Träger" gekennzeichnet, damit alle anderen wissen, dass von dieser Person gerade die Gesamtdauer des Projekts abhängt.

Die Annahme ist auch hier, dass zu jedem Zeitpunkt eine Person mit ihrer Arbeit gerade auf der kritische Kette liegt und die Abfolge aller Arbeiten auf der kritischen Kette die Projektdauer bestimmt. Anstelle des Aufwands, die kritische Kette zu ermitteln, spekulieren wir jedoch lediglich, welche der bevorstehenden Arbeitsaufträge wahrscheinlich *kritisch* im Sinne der kritischen Kette sind. Diesen Arbeitsaufträgen widmen wir dann besondere Aufmerksamkeit; wir versuchen sie durch optimale Rahmenbedingungen zu unterstützen. Selbst wenn unsere Annahme darüber, welche Arbeitsaufträge kritisch sind, nicht immer stimmt, wird der Effekt höchstwahrscheinlich doch positiv sein, da sicherlich einige Annahmen zutreffend sind und die Annahmen auch nicht schlechter sein

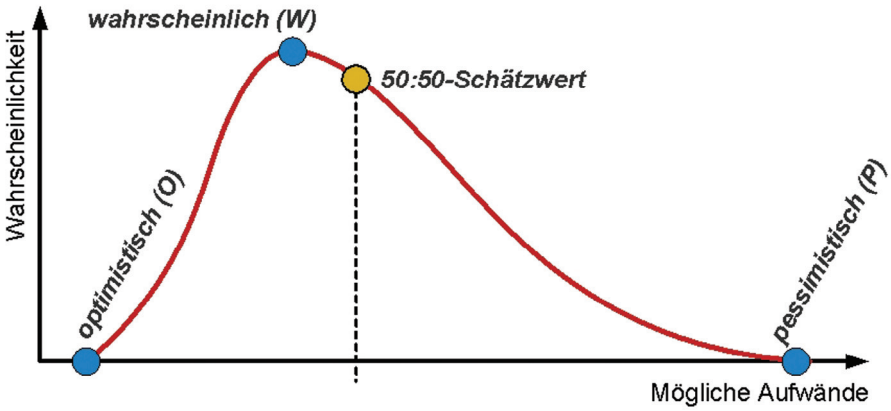

*Abb. 5: Prinzip der Dreipunktschätzung, die Werte O, W und P werden in die Formel (O + 4W * + P)/6 eingesetzt.*

müssen, als beim systematischen Ermitteln der kritischen Kette.

Die kritische Kette ist im Projektmanagement sowieso eine mehr oder weniger vage Vermutung. Projekte sind bereits per Definition besondere Herausforderungen und nur begrenzt planbar. In vollständig bekannten Prozessen, beispielsweise Produktionsprozessen, ließe sich die kritische Kette relativ sicher ermitteln, in Projekten beruht sie auf Annahmen und Unsicherheiten.

Anwendungsbereich der Staffelläufer-Technik ist jeweils ein Team und eine Iteration. Wir gehen davon aus, dass jedes Teammitglied alle seine Arbeitsaufträge für die aktuelle Iteration kennt. Sofern mehrere Personen an einem Arbeitsauftrag arbeiten, ist einer von ihnen für das Ergebnis dieses Sub-Teams verantwortlich (im Folgenden Ergebnisverantwortlicher genannt).

Vor Beginn einer neuen Iteration gibt jeder Ergebnisverantwortliche an, welche Zulieferleistung (Abhängigkeit von einem anderen Arbeitsauftrag) für ihn die zeitlich bedeutendste ist. Dieser Zulieferer ist ein möglicher Engpass. In größeren Projekten kann zusätzlich im *Top-Down*-Verfahren auch die Projektleitung auf Basis der Gesamtplanung mögliche Engpass-Kandidaten benennen, indem sie versucht, eine kritische Teilkette zu identifizieren. *Top-Down* heißt hier: Die Analyse beginnt bei den Projektzielen, geht dann über Release-Features zu den Iterations-Features und landet schließlich auch bei den Arbeitsaufträgen.

Zum aktuellen Staffelholz-Träger wird jeweils die Person gekürt, die von den meisten anderen Teammitgliedern als Engpass-Kandidat angesehen wurde. Jedes Team wählt dabei seine eigenen Staffelholz-Träger. Dabei ist zu beachten, dass ein Arbeitsauftrag selten eine vollständige Iterationslänge dauert, sondern dass normalerweise deutlich kürzere Arbeitsaufträge existieren. Da sich die Engpass-Kandidaten auf Arbeitsaufträge beziehen, muss jedes Team also eine kritische Kette der Arbeitsaufträge in der Iteration bilden. Sobald ein Arbeitsauftrag auf der kritischen Kette erledigt worden ist, wird das den Engpass symbolisierende Staffelholz an den nächsten übergeben. Sofern an einem Arbeitsauftrag mehrere Personen mitarbeiten, müssen sich diese untereinander einig werden, wer von ihnen den größten Engpass darstellt.

Mit diesem Verfahren wird also pro Team jeweils eine Person zum aktuellen Staffelholz-Träger gekürt, wobei diese Person innerhalb einer Iteration wechseln kann. Der Nutzen dieses Spiels ergibt sich aus folgenden Regeln und Erkenntnissen:

- Der betroffene Arbeitsauftrag wird für alle sichtbar markiert. Beispielsweise wird die Karte zum Arbeitsauftrag auf der Planungswand mit einem fetten roten Rahmen versehen.
- Ein aktueller Staffelholz-Träger darf niemals gestört und von der Arbeit abgehalten werden. Wenn es Fragen oder Hilfebedarf an ihn gibt, ist immer erst zu prüfen, ob nicht jemand anderes die Frage beantworten bzw. die Hilfe leisten kann.
- Wenn ein aktueller Staffelholz-Träger Unterstützung oder Hilfe anfordert, ist diese vorrangig vor allen anderen und sofort zu leisten. Auch Vorgesetzte haben sich dann gegebenenfalls zu gedulden.
- Ein aktueller Staffelholz-Träger muss vorrangig unterstützt werden und darf nicht gestört werden, da dies eine Verzögerung des Gesamtprojekts verursacht.
- Der aktuelle Staffelholz-Träger konzentriert sich ganz auf die zeitlich kritische Arbeit und stellt alle anderen Aufgaben solange zurück, bis er kein Staffelholz-Träger mehr ist.
- Der aktuelle Staffelholz-Träger nimmt rechtzeitig Kontakt zum nächsten Staffelholz-Träger auf der kritischen Kette auf, informiert ihn regelmäßig über den aktuellen Stand und signalisiert ihm rechtzeitig, dass die Übergabe bevorsteht.
- Jeder zukünftige aktuelle Staffelholz-Träger nimmt rechtzeitig Kontakt zum aktuellen Staffelholz-Träger auf und lässt sich regelmäßig informieren, wann die Übergabe bevorsteht.
- Die Übergabe erfolgt symbolisch, d. h. das gesamte Team kommt kurz für eine Minute zusammen und der alte Staffelholz-Träger sagt zum neuen: „Du trägst jetzt das Staffelholz und gibst unser Tempo an".

Damit jeder einen aktuellen Staffelholz-Träger erkennen kann, können diese tatsächlich ein Staffelholz oder einen entsprechenden Button tragen. Wir haben hierzu einen speziellen Stafettenstab entwickelt, der deutlich kleiner ist als ein typischer Leichtathletik-Stafettenstab und den man wie ein Schmuckstück an einem Halsband tragen kann. Die einfache symbolische Variante ist der Ansteck-Button (siehe Abb. 6).

Abb. 6: *Button als Symbol für den Staffelholz-Träger.*

Im CCPM existiert die Metapher des *Trommlers*. Die Person, die gerade mit ihrer Arbeit auf der kritischen Kette liegt, wird dort der Trommler genannt, weil sie den Takt für das gesamte Team angibt. Kombiniert wird dies mit der Metapher des Staffelläufers: Bei der Übergabe des Staffelholzes läuft der neue Staffelholz-Träger rechtzeitig parallel an und übernimmt das Holz, sobald er synchrone Geschwindigkeit erreicht hat.

Übertragen auf iterative Softwareentwicklung heißt das, dass der jeweils nächste aktuelle Engpass bzw. Staffelholz-Träger sich rechtzeitig vor Übergabe vorbereitet, also seine bisherigen Arbeiten abschließt. Unmittelbar vor der Übergabe soll der neue Engpass nichts mehr tun, außer zu warten und sich auf die neue Aufgabe vorbereiten.

Hier zeigt sich auch der fundamentale Unterschied dieses Ansatzes zum klassischen Projektmanagement, wo versucht wird, alle Mitarbeiter stets vollständig mit sinnvollen Arbeiten auszulasten. Niemand soll herumsitzen und warten. Beim *Critical-Chain*-Ansatz wird bewusst lokale Ineffizienz erzeugt, um insgesamt die Projektlaufzeit zu optimieren.

Als Primärliteratur empfehlen wir [Gol01] und [Gol02]. In unserem neuen Buch [Oes07] haben wir CCPM-Ansätze aufgegriffen und für agile – vor allem auch große – Projekte, adaptiert. ■

Literatur

[Gol01] E. Goldratt, J. Cox, Das Ziel, Ein Roman über Prozessoptimierung, Campus, 2001

[Gol02] E. Goldratt, Die Kritische Kette. Das neue Konzept im Projektmanagement, Campus, 2002

[Oes07] B. Oestereich, C. Weiss, O. Lehmann, Agiles Projektmanagement, Erfolgreiches Timeboxing für IT-Projekte, dpunkt-Verlag, 2007